动态细分饲粮营养供给对肉鸡生产性能、肉品质、氮、磷代谢率及血清生化指标的影响

黄向阳　刘国华　闫海洁　常文环　张　姝　蔡辉益*

（中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点开放实验室，北京 100081）

摘　要：本试验旨在根据肉鸡生长曲线及动态营养需要，研究动态细分饲粮营养供给对肉鸡生产性能、肉品质、氮、磷代谢率及血清生化指标的影响。选取 1 日龄爱拔益加（AA）肉鸡 240 只（公母各占 1/2），随机分为 3 个组，分别为 A 组：每 3.5 天 1 个营养标准（1～7 日龄 1 个营养标准）；B 组：每 7 天 1 个营养标准；C 组：每 14 天 1 个营养标准。每组 8 个重复，每个重复 10 只鸡，试验期 42 d。结果表明：1）C 组肉鸡的平均日增重（ADG）显著高于 A、B 组（$P<0.05$），料重比（F/G）显著低于 A 组（$P<0.05$）。A、B 组肉鸡生产性能指标差异均不显著（$P>0.05$）。不同动态细分饲粮营养供给方式对肉鸡肉品质的影响无显著差异（$P>0.05$）。2）不同动态细分饲粮营养供给方式对肉鸡氮、磷代谢率的影响无显著差异（$P>0.05$）。3）肉鸡 28 日龄时，C 组肉鸡血清尿素氮（UREA）含量显著高于 A 组（$P<0.05$）；42 日龄时，C 组肉鸡血清 UREA 含量显著高于 A、B 组（$P<0.05$），但 A、B 组肉鸡血清 UREA 含量差异不显著（$P>0.05$）。4）不同动态细分饲粮营养供给方式对肉鸡血清皮质酮（CORT）含量及总抗氧化能力（T-AOC）的影响差异不显著（$P>0.05$）。综上所述，每 14 天 1 个营养标准可使肉鸡的生产性能达到最佳，从实际操作的复杂性考虑，每 7 天一个营养标准可更好地满足饲粮的氨基酸平衡。

关键词：动态营养；肉品质；代谢率；血清指标；应激

中图分类号：S831　　　　　　文献标识码:　　　　　　　文章编号:

现代动物营养研究已经从以静态为主描述营养物质的转化利用规律转向动态营养研究，动态营养是当前动物营养和饲料科学发展的必然趋势[1]。动态营养是满足动物在不同的生长阶段、环境、生产目的等条件下对营养物质的需要，通过精准饲粮配制和饲喂技术逼近动物对营养的真实需要。有关不同品种肉鸡应用不同动态细分饲粮营养供给方式的研究表明，采用适当的动态细分饲粮营养供给方式，可以在不影响肉鸡生产性能的基础上降低饲料成本，

收稿日期：2016-04-27

基金项目：国家肉鸡产业技术体系（CARS-42）

作者简介：黄向阳（1991—），男，河南西平人，硕士研究生，从事家禽营养与饲料科学研究。E-mail: huangxycaas@163.com

*通信作者：蔡辉益，研究员，博士生导师，E-mail: caihuiyi@caas.cn

从而提高养殖效益[2-4]。目前关于动态细分饲粮营养供给的研究主要集中在其对肉鸡生产性能及生产成本的影响，而有关其对肉鸡肌肉品质、营养物质代谢率、血清生化指标影响的研究极少。此外，随着动态饲粮营养供给细分程度的提高，肉鸡的换料频率也会升高，因此有必要对动态细分饲粮营养供给对肉鸡应激指标的影响做进一步研究。本试验旨在通过对肉鸡生产性能、肉品质、氮、磷代谢率及血清生化指标的测定及分析，为动态营养在肉鸡上的应用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验动物

试验动物为 1 日龄爱拔益加（AA）肉鸡，购于北京华都肉鸡公司，饲养试验于中国农业科学院昌平南口中试基地进行。

1.2　试验设计与饲养管理

本试验采用单因素完全随机设计，选取 1 日龄健康 AA 肉鸡 240 只（公母各占 1/2），随机分为 3 个组，每组 8 个重复，每个重复 10 只鸡，各重复之间肉鸡体重差异不显著（P>0.05）。按照饲粮动态细分程度逐渐降低的原则，设置 A 组：每 3.5 天 1 个营养标准（1～7 日龄 1 个营养标准）；B 组：每 7 天 1 个营养标准；C 组：每 14 天 1 个营养标准。依据中国农业科学院饲料研究所研发的肉仔鸡动态营养需要和生产性能预测模型软件配制 11 种饲粮，饲粮组成及营养水平见表 1。整个试验过程中，为了保证饲粮营养浓度按照梯度变化，饲粮配制使用的各种原料均为同一批次，试验期 42 d。肉鸡饲喂饲粮按照如下方式进行：A 组肉鸡 1～7 日龄饲喂 1 号饲粮，剩余 35 d 每 3.5 天依次饲喂 2～11 号饲粮；B 组肉鸡每 7 天依次饲喂 1、2、4、6、8、10 号饲粮；C 组肉鸡每 14 天依次饲喂 1、4、8 号饲粮。肉鸡自由采食，充足饮水，按正常免疫程序进行免疫接种。

表 1　饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	饲粮编号 Diets number										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
原料 Ingredients											
玉米 Corn	51.59	54.00	55.29	56.60	58.29	60.10	61.74	63.62	64.37	65.10	65.97

豆粕 Soybean meal	38.90	36.20	34.90	33.50	31.80	30.00	28.40	26.60	25.90	25.20	24.50
大豆油 Soybean oil	5.39	5.85	6.00	6.18	6.18	6.17	6.16	6.10	6.09	6.09	6.01
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.57	1.53	1.44	1.40	1.37	1.37	1.34	1.31	1.26	1.20	1.11
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.19	0.18	0.16	0.15	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.21
苏氨酸 Thr	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
石粉 Limestone	1.11	1.04	1.04	1.02	1.02	1.01	1.00	1.00	0.99	1.00	1.01
氯化胆碱 Choline chloride	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13
预混料 Premix[1)]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]											
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.73	12.94	13.04	13.14	13.20	13.26	13.31	13.37	13.39	13.42	13.44
粗蛋白质 CP	22.06	21.04	20.56	20.04	19.42	18.76	18.17	17.52	17.27	17.01	16.77
钙 Ca	1.00	0.95	0.93	0.90	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.78
有效磷 AP	0.50	0.48	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.38
赖氨酸 Lys	1.35	1.27	1.22	1.18	1.15	1.12	1.09	1.06	1.05	1.04	1.02
蛋氨酸 Met	0.53	0.50	0.48	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.86	0.82	0.78	0.76	0.75	0.73	0.70	0.69	0.68	0.68	0.68
苏氨酸 Thr	0.87	0.82	0.79	0.76	0.75	0.73	0.72	0.70	0.70	0.70	0.69

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets：VA 10 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 20 IU，VB_1 2.0 mg，VK_3 2.5 mg，VB_2 4.0 mg，VB_6 5.0 mg,VB_{12} 0.02 mg，*D*-泛酸钙 *D*-pantothenic acid 11.0 mg，烟酸 nicotinic acid 35 mg，叶酸 folic acid 0.5 mg，生物素 biotin 0.12 mg，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Cu (as copper sulfate) 8 mg，Zn (as zinc sulfate) 78 mg，Mn (as manganese sulfate) 100 mg，I (as potassium iodide) 0.34 mg，Se (as sodium selenite) 0.15 mg。

[2)] 营养水平为计算值。The nutrient levels were calculated values.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生产性能及肉品质

于肉鸡 42 日龄时，以重复为单位称重（停料 12 h、不停水），并统计耗料量，计算各组肉鸡的平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）及料重比（F/G）。同时每组随机选取 16 只鸡（每个重复 2 只），屠宰后在胸肌及腿肌的相同部位各取肌肉样品，45 min 内采用便携式 pH 计测定肌肉 pH；1～2 h 内用高品质便携式 NH-310 色差仪测定肌肉亮度（L^*）、红度（a^*）和黄度（b^*）值；滴水损失采用如下方法进行测定：肉样先称重，然后悬挂于纸杯内，杯口用保鲜膜密封以防止水分蒸发，将纸杯在 4 ℃中放置 48 h，再次称重肉样。

滴水损失（%）=（初始重–末重）/初始重×100。

1.3.2 氮、磷代谢率

于肉鸡 28 日龄 24:00 进行截料，并于 29 日龄 08:00 给各组换上对应的 8 号饲粮，12:00 在粪盘上铺上塑料布，以重复为单位进行收粪，每个重复连续收集新鲜粪样 3 d，剔除毛屑杂物，每 100 g 新鲜粪样加入 10 mL 10% H_2SO_4，充分混匀，于 65～70 ℃全部烘干至恒重，回潮，粉碎后制成风干样。用凯氏定氮法测定氮的含量，用分光光度法测定磷的含量。用酸不溶灰分内源性标记法计算各组肉鸡的氮、磷代谢率。计算公式如下：

氮、磷代谢率(%)=100–(粪中氮、磷含量×饲粮酸不溶灰分含量)/(饲粮氮、磷含量×粪中酸不溶灰分含量)×100。

1.3.3 血清生化指标

于肉鸡 14、28 和 42 日龄时，每组随机选取与平均体重相近的 8 只鸡（每个重复 1 只），颈静脉采血 10 mL，4 ℃、3 000 r/min 离心 15 min 分离血清，用全自动生化分析仪测定血清尿素氮（UREA）、总蛋白（TP）、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、葡萄糖(GLU)含量；采用 r-911 全自动放免计数仪测定血清皮质酮（CORT）含量，采用 UV-1700 紫外分光光度计测定血清总抗氧化能力（T-AOC），试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.4 数据统计分析

试验数据用平均值±标准差表示，采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA），检验组间差异显著性，Duncan 氏法进行各组间多重比较，$P<0.05$ 为差异显著。

2 结 果

2.1 动态细分饲粮营养供给对肉鸡生产性能及肉品质的影响

动态细分饲粮营养供给对肉鸡生产性能的影响见表 2。由表可知，C 组肉鸡的 ADG 显著高于 A、B 组（P<0.05），F/G 显著低于 A 组（P<0.05）。A、B 组肉鸡生产性能指标差异均不显著（P>0.05）。

表 2 动态细分饲粮营养供给对肉鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of dynamic segmentation dietary nutrient supply on growth performance of broilers

组别 Groups	平均日增重 ADG/(g/d)	平均日采食量 ADFI/(g/d)	料重比 F/G
A 组 Group A	53.52±4.05^{a}	89.06±4.43	1.72±0.07^{b}
B 组 Group B	53.66±3.57^{a}	87.99±4.60	1.71±0.02^{ab}
C 组 Group C	58.32±2.32^{b}	91.26±3.74	1.66±0.05^{a}

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

动态细分饲粮营养供给对肉鸡胸肌、腿肌肉品质的影响见表 3。由表可知，各组肉鸡胸肌、腿肌的 L^*、a^*和 b^*值及 pH 和滴水损失差异均不显著（P>0.05）。

表 3 动态细分饲粮营养供给对肉鸡胸肌、腿肌肉品质的影响

Table 3 Effects of dynamic segmentation dietary nutrient supply on breast muscle and leg muscle qualities of broilers

组别 Groups	亮度 L^*	红度 a^*	黄度 b^*	pH	滴水损失 Drip loss/%
胸肌 Breast muscle					
A 组 Group A	50.37±2.44	6.58±1.65	12.87±1.71	6.26±0.14	7.69±1.15
B 组 Group B	49.79±2.55	7.16±1.47	11.78±2.44	6.29±0.11	6.62±1.26
C 组 Group C	51.09±2.59	5.78±1.12	12.46±1.91	6.24±0.09	7.76±1.83

腿肌 Leg muscle					
A 组 Group A	53.12±2.02	7.95±2.07	11.64±2.01	6.28±0.09	4.90±1.00
B 组 Group B	53.32±1.82	8.06±4.09	9.52±1.97	6.27±0.12	4.40±1.44
C 组 Group C	53.41±2.30	7.56±3.61	11.48±2.00	6.30±0.10	5.01±1.91

2.2 动态细分饲粮营养供给对肉鸡氮、磷代谢率的影响

动态细分饲粮营养供给对肉鸡氮、磷代谢率的影响见表 4。由表可知，各组肉鸡的氮、磷代谢率差异不显著（P>0.05）。

表 4 动态细分饲粮营养供给对肉鸡氮、磷代谢率的影响

Table 4 Effects of dynamic segmentation dietary nutrient supply on the utilization of nitrogen and phosphorus of broilers %

组别 Groups	氮代谢率 Utilization of nitrogen	磷代谢率 Utilization of phosphorus
A 组 Group A	82.44±2.03	87.11±1.18
B 组 Group B	83.83±0.84	87.84±0.44
C 组 Group C	82.93±2.51	87.42±1.44

2.3 动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清生化指标的影响

动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清生化指标的影响见表 5。由表可知，肉鸡 14 日龄时，各组肉鸡血清生化指标差异均不显著（P>0.05）；28 日龄时，C 组肉鸡血清 UREA 含量显著高于 A 组（P<0.05），但与 B 组差异不显著（P>0.05）；42 日龄时，C 组肉鸡血清 UREA 含量显著高于 A、B 组（P<0.05），但 A、B 组肉鸡血清 UREA 含量差异不显著（P>0.05）。

表 5 动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清生化指标的影响

Table 5 Effects of dynamic segmentation dietary nutrient supply on the serum biochemical indexes of broilers

组别 Groups	尿素氮 UREA/（mmol/L）	总蛋白 TP/(g/L)	白蛋白 ALB/(g/L)	球蛋白 GLB/(g/L)	总胆固醇 TC/(mmol/L)	甘油三酯 TG/(mmol/L)	葡萄糖 GLU/(mmol/L)
14 日龄 14 days of age							
A 组 Group A	0.96±0.29	27.50±4.11	13.04±2.67	14.47±1.71	2.63±1.00	0.49±0.09	5.43±1.77
B 组 Group B	0.95±0.34	26.73±3.99	12.94±2.91	13.79±2.18	2.79±1.31	0.40±0.17	6.30±1.78

C 组 Group C	0.92±0.21	26.32±2.59	12.52±1.97	13.79±1.76	2.55±1.04	0.34±0.13	5.64±1.33
28 日龄 28 days of age							
A 组 Group A	0.70±0.15^{a}	25.21±1.53	11.54±2.38	13.67±1.49	2.14±0.69	0.38±0.09	4.86±1.11
B 组 Group B	0.92±0.14^{ab}	28.38±2.95	13.87±0.87	14.51±2.92	2.40±0.17	0.37±0.06	6.54±0.42
C 组 Group C	0.96±0.21^{b}	27.64±4.05	11.42±2.34	16.21±3.91	2.24±0.53	0.39±0.11	5.05±0.72
42 日龄 42 days of age							
A 组 Group A	0.92±0.10^{a}	27.56±1.34	11.43±0.69	16.20±1.18	1.55±0.17	0.38±0.11	5.87±0.68
B 组 Group B	0.93±0.07^{a}	26.45±1.65	11.31±1.19	15.14±0.88	1.65±0.37	0.44±0.10	6.35±0.75
C 组 Group C	1.17±0.18^{b}	27.70±2.01	11.92±1.26	15.78±1.07	1.77±0.22	0.43±0.06	6.27±0.68

2.4 动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清 CORT 含量及 T-AOC 的影响

动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清 CORT 含量及 T-AOC 的影响见表 6。由表可知，各组肉鸡血清 CORT 含量及 T-AOC 差异均不显著（P>0.05）。

表 6 动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清 CORT 含量及 T-AOC 的影响

Table 6 Effects of dynamic segmentation dietary nutrient supply on the serum CORT content and T-AOC of broilers

组别 Groups	皮质酮 CORT/(ng/mL)	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)
14 日龄 14 days of age		
A 组 Group A	5.82±0.55	25.78±6.41
B 组 Group B	5.95±0.79	20.41±3.25
C 组 Group C	6.21±0.54	16.94±7.85
28 日龄 28 days of age		
A 组 Group A	7.52±0.68	22.63±2.22
B 组 Group B	7.06±1.13	24.54±6.47
C 组 Group C	7.10±1.55	24.89±6.37
42 日龄 42 days of age		
A 组 Group A	7.27±1.14	17.70±7.44
B 组 Group B	7.91±0.63	21.08±3.22

C 组 Group C	7.44±0.74	17.88±7.30

3 讨 论

3.1 动态细分饲粮营养供给对肉鸡生产性能及肉品质的影响

邱殿锐等[2]研究表明，14 d 动态细分饲粮营养供给能够显著提高罗斯 308 肉鸡的 ADG，显著降低 F/G，与本试验研究结果一致。然而 Warren 等[3]报道，不同动态细分饲粮营养供给方式对科宝肉鸡 ADG 的影响差异不显著。Brewer 等[4]对不同品种肉鸡的研究表明，不同动态细分饲粮营养供给方式对肉鸡 ADG 的影响差异均不显著，但是能够显著降低其中 2 个品种肉鸡的 F/G。不同动态细分饲粮营养供给方式对肉鸡生产性能的影响有所差异，原因可能是饲粮细分时参考的标准和肉鸡品种不同。

营养水平不仅能影响肉鸡的生产性能，同时也能影响肉品质[5]。pH 是评定肌肉品质的重要指标之一，不仅是肌肉酸度的直观表现，而且对肌肉品质有重要的影响[6]。肉色是肌肉外观评定的重要指标，是肌肉的生理学、生化学和微生物学变化的外在表现；a^*值表示肌肉从红色到绿色的变化，a^*值越大肉质越好；b^*值表示肌肉从黄色到蓝色的变化，b^*值越小肉质越好；L^*值表示肉的亮度，0 表示黑色，100 表示白色。滴水损失表示肌肉蛋白质保持其内含水分的能力[7]。关于动态细分饲粮营养供给对肉鸡肌肉品质的影响，相关研究报道较少。本试验中，饲粮营养水平除代谢能水平随料号的增加升高外，其他营养水平均随料号的增加而降低；根据本试验中各组肉鸡的饲粮设置可知，A、B、C 组肉鸡同一时期采食饲粮的代谢能水平依次降低，而其他营养水平则依次升高。汤建平[8]研究表明，饲粮能量水平未对肉仔鸡的胸肌、腿肌 pH 造成显著影响，与本试验研究结果一致。赵景鹏等[9]报道，饲粮营养水平对 AA 肉鸡胸肌 a^*、L^*和 b^*值的影响差异不显著，而腿肌 a^*、b^*值随营养水平的升高而降低；饲粮营养水平对肌肉滴水损失的影响具有品种特异性，高营养水平饲粮降低了胸肌和腿肌的滴水损失，与本研究的结果存在一定差异。本试验中，不同的动态细分饲粮营养供给方式未对 AA 肉鸡胸肌、腿肌的 L^*、a^*和 b^*值及 pH 和滴水损失产生显著影响。原因可能是本试验各组间饲粮能量、蛋白质水平变化幅度与赵景鹏等[9]相比较小；也可能是由于赵景鹏等[9]试验中各组肉鸡饲粮保持了恒定的能蛋比，即采食高营养水平饲粮的肉鸡，采食的能量、蛋白质水平均较高，而本试验中采食饲粮代谢能水平较高的肉鸡，采食的蛋白质水平则相对较低。具体原因还有待进一步研究。

3.2　动态细分饲粮营养供给对肉鸡氮、磷代谢率的影响

肉鸡对饲粮氮、磷代谢率的提高有助于降低粪便中氮、磷对环境造成的不良影响。陈燕[10]研究表明，饲粮粗蛋白质水平对肉鸡 35 和 42 日龄时磷代谢率无显著影响；张永刚等[11]报道，饲粮有效磷含量不影响饲粮氮的代谢率；与本试验研究结果一致。本试验在各组肉鸡采食相同营养水平的饲粮时对营养物质代谢率进行测定，旨在评价不同动态细分饲粮营养供给方式对肉鸡氮、磷代谢率的影响，研究结果表明各组肉鸡的氮、磷代谢率无显著差异。

3.3　动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清生化指标的影响

陈德志[12]研究表明，血清的常规生化指标可反映机体各组织器官的功能和机体营养代谢情况。万家余等[13]报道，血清 UREA 含量能反映机体蛋白质和氨基酸的代谢状况，并可作为蛋白质沉积的一个指标。氨基酸平衡良好时，血清 UREA 含量下降；UREA 含量直接反映动物体内蛋白质的分解代谢水平。瞿明仁等[14]研究发现，当饲粮蛋氨酸水平低于拐点 0.44%时，随饲粮蛋氨酸水平的提高，1~4 周龄泰和乌骨鸡血清 UREA 含量下降；饲粮蛋氨酸水平继续上升，血清 UREA 含量则升高。宋华慧等[15]研究表明，饲粮蛋氨酸水平在 0.24%~0.39%时，未对新杨绿壳蛋鸡血清 UREA 含量产生显著影响。本试验研究结果与以上研究结果部分一致，本试验中，饲粮蛋氨酸水平随着料号的增加而降低，根据本试验中各组肉鸡的饲粮设置可知，A、B、C 组肉鸡在同一时期采食的饲粮蛋氨酸水平依次升高，可能是由于 3 组肉鸡采食的饲粮蛋氨酸水平均在拐点之后，因此导致 42 日龄时 A、B 组肉鸡血清 UREA 含量显著低于 C 组。由此说明，增加饲粮动态细分程度能更好地满足肉鸡饲粮氨基酸平衡。

血清 TP 含量反映了机体蛋白质的代谢状况，TP 含量高表明畜禽机体蛋白质代谢加强。ALB 是血清中含量最高的蛋白质，具有增加抗体、提高免疫力等作用[16]。血清 GLB 在一定程度上反映了动物机体免疫功能的好坏。崔玉铭[17]研究表明，饲粮粗蛋白质水平降低 1.5%对 21 和 42 日龄试验鸡的血清 TP、ALB 和 GLB 含量无显著影响。罗洪明[18]试验发现，饲粮蛋白质水平对仔猪血清中 TP、ALB 含量以及 ALB 与 GLB 的比值（ALB/GLB）均无显著影响。本试验结果与以上研究结果一致，动态细分饲粮营养供给未对肉鸡血清 TP、ALB 和 GLB 含量造成显著影响。

血清 TC 和 TG 含量则反映体内脂类代谢情况，脂类在体内运输发生障碍时，血脂含量

会升高。雷秋霞[19]研究表明，饲粮蛋白质水平过高会造成血清 TC 含量的大幅度上升。报道也表明，随着饲粮蛋白质水平的降低，肉仔鸡血清中 TC 和 TG 含量呈下降趋势，其中蛋白质水平降低 3%的饲粮组血清 TC 含量显著低于对照组[17]。本研究结果表明，动态细分饲粮营养供给未对肉鸡血清 TC 和 TG 含量造成显著影响，与以上研究结果存在差异，原因可能是本试验各组肉鸡采食饲粮蛋白质水平的差异未达到能够引起血清 TC 和 TG 含量出现显著变化的阈值。

3.4 动态细分饲粮营养供给对肉鸡血清 CORT 含量及 T-AOC 的影响

应激是机体对内外环境的各种刺激所产生的非特异性应答反应的总和[20]。闫峰等[21]研究表明，急剧地变更饲粮与营养水平能够导致畜禽产生应激，在一定范围内换料次数和奶牛产奶量之间呈强负相关。邱殿锐等[2]报道，三阶段饲养能更好地过渡饲料更换产生的应激，有利于预防一些代谢性疾病，保证肉鸡的健康。

本研究中，不同动态细分饲粮营养供给方式换料的次数不相同，为了探究其对肉鸡应激状态的影响，选择血清中 CORT 含量和 T-AOC 进行测定。胡骁飞等[22]研究表明，动物血清中 CORT 含量的升高是反映动物产生应激的一个主要指标。高晶[23]报道，应激能够影响家禽的肉品质量，而氧化损伤是应激不利影响的内在原因之一。张亚茹等[24]研究表明，T-AOC 可反映机体酶类以及非酶类的抗氧化防御系统对于外界刺激的代偿性作用以及自由基的代谢状态，是评估机体抗氧化功能的综合性指标。本研究中，不同动态细分饲粮营养供给方式并未对血清 CORT 含量及 T-AOC 造成显著影响，可能是由于肉鸡本身具有一定的调节能力，能够对一定范围内的应激进行调节适应。

4 结 论

① 每 14 天 1 个营养标准可使肉鸡的生产性能达到最佳。

② 增加动态饲粮营养供给的细分程度，能够降低肉鸡血清 UREA 含量。从实际操作的复杂性考虑，每 7 天 1 个营养标准可更好地满足饲粮氨基酸的平衡。

参考文献：

[1] 计成.动物营养学[M].北京:高等教育出版社,2008:290–291.

[2] 邱殿锐,郭建军,赵伍祥,等.不同阶段饲养法对肉鸡生产性能的影响[J].中国饲料,2013(20):11–12,15.

[3] WARREN W A,EMMERT J L.Efficacy of phase-feeding in supporting growth performance of broiler chicks during the starter and finisher phases[J].Poultry Science,2000,79(5):764–770.

[4] BREWER V B,OWENS C M,EMMERT J L.Phase feeding in a small-bird production scenario:effect on growth performance,yield,and fillet dimension[J].Poultry Science,2012,91(5): 1262–1268.

[5] 陈春梅,宋遥,唐茂妍,等.日粮蛋白质和赖氨酸水平对 AA 肉鸡生长性能及肌肉品质的影响[J].中国农业大学学报,2006,11(6):55–59.

[6] 张少成,高振华,曹赞,等.酵母浓缩物对罗斯肉鸡屠宰性能和胴体品质的影响[J].中国畜牧兽医,2014,41(10):109–113.

[7] 冯仁勇,罗辉.我国地方鸡肉质性状的研究及展望[J].畜禽业,2005(4):16–18.

[8] 汤建平.饲养密度与饲养方式及饲粮能量对肉鸡生长的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2012.

[9] 赵景鹏,赵桂苹,郑麦青,等.日粮营养水平对爱拔益加肉鸡和北京油鸡肌肉代谢与品质特性的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(5):42–45.

[10] 陈燕.环境高温与饲粮粗蛋白质水平对肉鸡氮代谢和有害气体生成的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[11] 张永刚,刘建高,伍国耀,等.日粮真可消化磷水平对生长猪氮磷消化率和排泄量的影响[J].农业环境科学学报,2006,25(5):1303–1312.

[12] 陈德志.日粮能量、蛋白水平对 CRP 烤乳猪品系仔猪生产性能、肉质及血液指标的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2009.

[13] 万家余,高宏伟,王玉平,等.5 种中草药对肉仔鸡血液生化指标的影响[J].畜牧与兽医,2003,35(11):8–10.

[14] 瞿明仁,卢德勋.不同蛋氨酸水平对泰和乌骨鸡血清尿素氮含量的影响研究[J].中国畜牧杂志,2005,41(4):43–45.

[15] 宋华慧,袁超,张晓昀,等.新杨绿壳蛋鸡蛋氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,报,2014,26(9):2574–2581.

[16] 张敦林,周业飞.那西肽调控肉鸡非特异性免疫功能的研究[J].饲料博览:技术

版,2007(12):9–12.

[17] 崔玉铭.低蛋白日粮对肉仔鸡生产性能、免疫功能及营养物质代谢的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.

[18] 罗洪明.饲粮不同蛋白水平对早期断奶仔猪生产性能、血液生化指标及免疫机能的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2005.

[19] 雷秋霞.日粮不同蛋白水平对生长肉兔生产性能、营养物质利用、免疫及蛋白酶活的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2003.

[20] SELYE H.Studies on adaptation[J].Endocrinology,1937,21(2):169–188.

[21] 闫峰,杨连玉.奶牛抗换料应激的研究[J].中国牛业科学,2014,40(5):44–47.

[22] 胡骁飞,呙于明.皮质酮应激对肉仔鸡生产性能及血液指标的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(15):48–51.

[23] 高晶.应激对肉鸡脂质过氧化状态及肉质的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2008.

[24] 张亚茹,王忠,蔡少敏,等.陈玉米饲粮中添加茶多酚、维生素E和二丁基羟基甲苯对肉鸭生长性能和抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2015,27(4):1184–1190.

Effects of Dynamic Segmentation Dietary Nutrient Supply on Growth Performance, Meat Quality, Utilization of Nitrogen and Phosphorus and Serum Biochemistry Indexes of Broilers

HUANG Xiangyang LIU Guohua YAN Haijie CHANG Wenhuan ZHANG Shu CAI Huiyi*

(*Key Open Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Feed Research Institution, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dynamic segmentation dietary nutrient supply on the growth performance, meat quality, utilization of nitrogen and phosphorus and serum biochemical indexes of broilers according to the growth curve and dynamic nutritional needs of broilers. A total of 240 one-day-old Arbor Acres (AA) broilers (male and female in half) were randomly assigned into 3 groups with 8 replicates per group and 10 broilers

*Corresponding author, professor, E-mail: caihuiyi@caas.cn （责任编辑 李慧英）

per replicate. Group A: one nutrient standard was used for every 3.5 days except that one nutrient standard was used for 1 to 7 days of age. Group B: one nutrient standard was used for every 7 days. Group C: one nutrient standard was used for every 14 days. The trial lasted for 42 days. The results showed as follows: 1) the average daily gain (ADG) of broilers in group C was significantly higher than that in groups A and B (P<0.05), and the ratio of feed to gain (F/G) in group C was significantly lower than that in group A (P<0.05). No significant differences were found between group A and B in growth performance indexes of broilers (P>0.05). There was no significant difference in the meat quality of broilers by different dynamic segmentation dietary nutrient supply (P>0.05). 2) There were no significant differences in the utilization of nitrogen and phosphorus of broilers by different dynamic segmentation dietary nutrient supply (P>0.05). 3) The content of serum urea nitrogen (UREA) of broilers in group C was significant higher than that in group A at 28 days of age (P<0.05), and the content of serum UREA in group C was significant higher than that in groups A and B at 42 days of age (P<0.05). However, there was no significant difference between group A and B in the content of serum UREA of broilers (P>0.05). 4) There were no significant differences in the content of serum corticosterone (CORT) and total antioxidant capacity (T-AOC) of broilers by different dynamic segmentation dietary nutrient supply (P>0.05). In conclusion, the growth performance of broilers reaches the best when one nutrient standard was used for every 14 days. The dietary amino acid balance is better fulfilled when one nutrient standard was used for every 7 days considering the complexity of the actual operation.

Key words: dynamic nutrition; meat quality; utilization; serum index; stress